

А. Н. Морозова*, Т. И. Табатчикова

Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург

*amorozova@imp.uran.ru

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ НА ДЕФЕКТНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Методами оптической металлографии и сканирующей электронной микроскопии, дополненной микрорентгеноспектральным анализом, исследована структура сварных соединений из высокопрочной стали, выполненных с использованием гидроабразивной резки. Проведены испытания на одноосное растяжение и ударный изгиб с записью на инструментированном копре. При фрактографическом исследовании поверхности излома разрывных и ударных образцов выявлены дефекты типа несплавлений и шлаковых включений. Показано, что наличие дефектов не связано с использованием ГАР для раскроя листового проката.

Ключевые слова: сталь, гидроабразивная резка, сварное соединение, зона термического влияния, прочность, ударная вязкость, частицы песка-абразива.

A. N. Morozova, T. I. Tabatchikova

THE EFFECT OF ADVANCE ABRASIVE WATERJET CUTTING ON DEFECTIVE WELDED JOINTS AND THEIR MECHANICAL PROPERTIES

The structure of welding joints of high-strength steel made using abrasive waterjet cutting has been studied using the methods of optical metallography and scanning electron microscopy supplemented with micro-X-ray spectral analysis. Uniaxial tension and impact bending tests with recording of loading diagrams were carried out on an impact tester. It is established that welding joints have satisfactory strength and toughness. A fractographic analysis of the fracture surface of ruptured and impact samples showed that the revealed defects are irrelevant to the presence of abrasive sand particles in the weld metal and weld-affected zone.

Key words: steel, abrasive waterjet cutting, welding joint, weld-affected zone, strength, toughness, abrasive sand particles.

Исследованы сварные соединения из стали 20ХГСНМ толщиной 13 мм с использованием аустенитной проволоки Св-08Х20Н9Г7Т, применяемые для изготовления крупногабаритных

конструкций ответственного назначения. Раскрой листов стали перед сваркой производился с использованием технологии гидроабразивной резки (ГАР) на установке OMAX 120X-1, в качестве абразива был использован гранатовый песок, в состав которого входят следующие оксиды: $\text{SiO}_2 = 36 \text{ мас. \%}$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 33 \text{ мас. \%}$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 23 \text{ мас. \%}$; $\text{MgO} = 6 \text{ мас. \%}$; $\text{MnO} = 1 \text{ мас. \%}$; $\text{CaO} = 1 \text{ мас. \%}$.

Целью данной работы являлось исследование микроструктуры и механических свойств сварных соединений, выполненных с использованием гидроабразивной резки, а также влияния ГАР на дефектность, прочность и ударную вязкость.

Произведены металлографические и фрактографические исследования. Испытания на одноосное растяжение проводили на испытательной машине Instron 5982, использовали образцы типа II по ГОСТ 6996–66. Испытания на ударный изгиб проводили на стандартных образцах размером $10 \times 10 \times 55 \text{ мм}$ с U-образным надрезом (по центру шва и по околошовной зоне — ОШЗ) на инструментированном маятниковом копре Tinius Olsen IT 542M.

В сварном соединении стали 20ХГСНМ, выполненном с использованием сварочной проволоки Св-08Х20 Н9 Г7 Т выделены различные зоны: металл шва; зона термического влияния (ЗТВ), в которой присутствуют участки перегрева, рекристаллизации, неполной рекристаллизации, кратковременного отпуска; основной металл.

Важным фактором, влияющим на качество сварного соединения, является наличие дефектов в виде пор, шлаковых включений, несплавлений.

При исследовании излома образца, подвергнутого испытаниям на растяжение, был обнаружен дефект типа несплавления, в котором присутствуют скопления частиц, содержащих в основном О, Ti и Mn, то есть шлаковые включения. Состав обнаруженных включений не совпадает с усредненным составом абразивного песка, в котором главными составляющими являются оксиды кремния SiO_2 , алюминия Al_2O_3 и железа Fe_2O_3 .

Аналогичные результаты были получены при анализе поверхности разрушения ударных образцов с надрезом по центру шва, были выявлены дефекты-несплавления, полость которых содержит шлаковые включения с высоким содержанием О, Ti и Mn. Состав данного шлака существенно отличается от состава песка-абразива, использованного при гидроабразивной резке, в последнем гораздо больше кислорода, кремния и алюминия, а также присутствует магний, кальций и железо.

При сравнении результатов испытаний образцов с дефектами и без дефектов было установлено, что их влияние на характер излома и уро-

вень ударной вязкости незначительно. Исследование химического состава включений, содержащихся внутри обнаруженных дефектов, убедительно показало, что данные дефекты не связаны с присутствием в шве и околошовной зоне частиц песка-абразива, использованного при гидроабразивной резке.

Данная работа выполнена в рамках темы «Структура» (№ 01201463331) при частичной поддержке Комплексной программы УрО (проект № 18-10-2-39).